

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁷ H01L 21/68		(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2001년 11월 30일 10-0303076 2001년 07월 09일
(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-1997-0015483 1997년 04월 25일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	특 1997-0072048 1997년 11월 07일
(30) 우선권주장 (73) 특허권자	08/641, 147 1996년 04월 25일 미국(US) 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드	조셉 제이. 스위니	
(72) 발명자	미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050 루이 브라이언 미국 94040 캘리포니아 마운틴 뷰 마운틴 뷰 애브뉴 1027 이시카와 데즈야 미국 95050 캘리포니아 산타 클라라 블로섬 드라이브 873 레데커 프레드 씨 미국 94539 캘리포니아 프레몬트 시옥스 드라이브 1801 윙 마이너스 미국 95131 캘리포니아 산호세 타이페이 드라이브 1570 리 쉬지안 미국 95129 캘리포니아 산호세 도닝톤 드라이브 1202		
(74) 대리인	남상선		

심사관 : 조현동

(54) 접촉지역 및 온도피드백을 감소시키는 압력 영역을 구비한 기판 지지체

요약

본 발명은 개선된 기판 지지체 및, 다수의 압력 영역이 그 표면에 제공된 상기 기판 지지체의 작동 방법에 관한 것이다. 두 지대 내에 서로 다른 가스 압력을 허용하기 위해 서로 다른 지대 사이에 시일 영역이 제공된다. 높은 가스 압력은 더 큰 열전달이 요구되고 있는 기판 지역에 대응하는 지대에 공급된다. 기판 지지체와 가스 압력 사이의 틈은 소정량의 열전달을 제공하기 위해 선택된다. 또 다른 측면에서 보면, 열전달 가스의 유동을 최대화하기 위해 기판 접촉부가 돌출부로 한정된다. 폐쇄된 루프 제어 시스템은 온도 센서에 따른 열전달 가스 압력을 변화시킨다. 정전척을 위해, 유전체의 두께는 기판의 주변부에 더 높은 정전기력을 제공하기 위해 변화된다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 본 발명을 이용하는 반도체 처리장치의 한 실시예를 도시한 도면.
- 도 2A 내지 도 2C는 비균일 가열에 따른 웨이퍼의 온도변화를 도시한 도면.
- 도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 압력 영역 및 최소 접촉 돌출부의 평면도.
- 도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 가변 유전체의 두께를 도시한 측면도.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 웨이퍼 온도 조절용 전자 제어 루프(loop)의 블록 선도.
- 도 6은 가스 압력 제어장치에 대한 수학적 모델을 도시한 선도.
- 도 7은 본 발명에 따른 가스 압력 제어장치의 한 실시예를 도시한 선도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

- 2: 웨이퍼 처리장치
- 8: 고밀도 플라즈마 반응챔버
- 14: 정전척
- 20: 커버 링
- 24: DC 전력 공급장치
- 27: RF 전력 공급장치
- 30: 유도 안테나
- 32: 접지된 대향 전극

33: 열 교환기	53: 헬륨 공급장치
61: 기판 지지체	72: 실링
82: 웨이퍼	86: 유전체
96: 온도 센서	111: 피드백 라인
102: 정전척	104: 플라즈마

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 기판 지지체(substrate support)에 관한 것으로서, 특히 기판 내의 균일한 온도 분포를 달성하기 위한 메커니즘에 관한 것이다.

기판용 처리 챔버는 챔버 내에 기판을 설치하기 위한 페데스탈(pedestal)과 같은 기판 지지체를 종종 포함한다. 기판은 반도체 웨이퍼, 액정 크리스탈 디스플레이, 유리판, 거울(mirror) 등일 수 있다. 기판 지지체는 기판을 가열 또는 냉각하는데 이용될 수 있다. 챔버 내에서 이용된 공정은, 예를 들어 화학적 증기 증착(chemical vapor deposition; CVD) 또는 플라즈마 강화 CVD(PECVD) 공정과 같은 소정의 공정일 수 있다. PECVD 공정에 대해서, RF 전계는 기판 내의 전극과 챔버의 정상부 사이에 인가된다. 세라믹 재료는 플라즈마 공정에서 기판 지지체 전극을 보호하기 위한 유전체를 제공하기 위해 지지체의 상부에 도포될 수 있거나, 정전척의 일부로 될 수 있다.

정전척은 처리중인 위치에 웨이퍼를 고정하기 위한 장치의 한 형태이다. 다른 방법은 웨이퍼의 바닥면에 공급된 진공, 또는 웨이퍼 하단을 고정하기 위한 클램프를 포함한다. 클램프는 힘을 불균일하게 가하여 웨이퍼의 가장자리(edge)를 덮으며, 한편 웨이퍼의 바닥면에 공급된 진공은 웨이퍼의 상부면을 포함하여 그 내부에 진공이 제공되는 챔버에서 이용될 때는 웨이퍼를 고정하기에 효과적이지 못하다.

정전척은 고밀도 플라즈마 반응과 같은 제조공정 중에 반도체 웨이퍼를 클램핑하기 위해 반도체 산업에서 넓게 이용되고 있는 장치이다. 정전척은 웨이퍼를 척에 고정하기 위해, 서로 반대로 하전된 표면 사이의 정전기력을 이용한다. 몇몇 정전척의 제작에는, 알루미늄과 같이, 공정과 호환되는 가능한 금속을 적절한 지지 페데스탈로 가공하여 넣고, 페데스탈의 상부를 그릿 브라스팅(grit blasting)하는 것이 관계된다. 그리고 세라믹과 같은 유전체 물질의 층이 페데스탈의 상부면 위로 플라즈마 분사되고, 웨이퍼를 지지하기 위해 매끄럽고 평평한 상부면으로 연삭된다. 이와 같이, 널리 알려진 여러 공급기로부터 구할 수 있는 KaptonTM과 같은 중합 필름이 유전체로서 이용될 수도 있다. 기판의 화학적 처리시, 척은 챔버 벽과 금속 받침대 사이에 높은 DC 전압을 공급함으로써 작용하여, 유전체 층의 한 쪽에 양전하를 제공하고 다른 한쪽에는 음전하를 제공한다. 이러한 전하는 유전체 층에 웨이퍼를 고정하는 거의 균일한 쿨롱 인력을 발생시킨다. 이와 달리 받침대에 다수의 전극이 형성될 수도 있다.

기판 처리챔버 내에서 중요한 처리 변수 중 하나는 웨이퍼의 온도이다. 처리과정 동안, 열은 기판과 그 아래에 놓인 기판 지지체 사이에서 표면 전도 및/또는 대류를 통해 또는 방해하는 후부 가스(backside gas)를 통해 기판으로 또는 기판으로 전달된다. 기판 지지체의 온도는 통상 기판 지지체 내의 채널을 통해서 물 또는 가스나 같은 열교환 유체를 순환시킴으로써 조정된다. 이와 달리, 기판 지지체를 가열하는 데 저항 코일이 사용될 수 있다. 따라서, 기판 지지체는 기판을 가열 또는 냉각하기 위해 사용될 수 있다. 그러나, 이러한 방법의 효율은 기판의 뒤쪽이 기판 지지체 표면의 상부면과 실제로 접촉하는 범위까지 제한되는 것이 보통인데, 이는 초미립 레벨에서는 실제로 접촉하는 것은 두 표면의 작은 영역 만이기 때문이다. 기판과 기판 지지체 사이에서 열전달을 촉진시키기 위해서, 접촉점 사이의 구역은 기판과 기판 지지체 사이의 열전달이 강화되도록 일반적으로 헬륨, 아르곤, 산소, 또는 CF와 같은 가스 분자로 충전되는 것이 보통이다.

정전척에 웨이퍼를 고정하는데 있어 기계적인 문제의 하나는, 편평하지 않고 다소 휘어지거나 탄성이 있는 웨이퍼가 존재한다는 사실이다. 미합중국 특허 제 4,692,836호는 웨이퍼의 중심과 척 사이에 틈이 형성되도록 위쪽으로 휘어진 웨이퍼를 효과적으로 고정할 수 있는 척이 개시되어 있다. 이 특허에는 정전척의 중심 부근에서 얇아지도록 유전체 코팅의 두께를 변화시키는 것을 설명하고 있는데, 이에 따라 큰 전하는 중심부에 형성되어, 휘어진 웨이퍼의 중심에 강한 힘을 제공한다.

유럽특허출원 공개 0,452,222호는 링 형상으로 외부 전극을 구비한 정전척을 위한 2개의 전극을 설계를 나타낸다. 이 출원에서, 바깥쪽 링 전극의 폭이 좁게 만들어져, 그 표면 작아서 영역당 전하가 더 많고, 따라서 척의 주변부에서 더 강한 힘이 제공한다. 이에 따라 정전척의 주변부에서 열전달이 개선된다.

웨이퍼의 다른 영역으로 또는 상기 영역으로부터 열전달을 변화시키기 위해 다른 방법들이 사용된다. 미합중국 특허 제 4,502,094호는 서셉터(susceptor)로부터 서셉터 위의 유전체 층을 넘어 돌출되는 열 전도부를 갖춤으로써 열전도를 높인다. 특히, 웨이퍼와 직접 접촉하여 더욱 빨리 열을 끌어내기 위해 제공된다. 또한 열적 전도 돌출부는 전기적으로 전도성이 있다. 이러한 고안의 또다른 이점은 척 상에 존재할 수도 있는 작은 입자가 상기 기둥 사이 틈의 유전체로 끌리는 것이다. 이러한 작은 분명한 비 플라즈마 반응기에서 유용함은 명백하다. 플라즈마 반응기에서는 정전척 내의 전극과 플라즈마 전극 사이의 쇼트(shorts)를 방지하기 위해 유전체가 필요하며, 따라서 정전척의 전극은 유전체로 덮여져야 한다. 미합중국 특허 제 5,160,152호에는 정전척의 표면 위쪽에 연장해 있는 돌출부를 사용하는 점근방법이 기재되어 있다. 이 특허에 기술된 구조체는 하기에 기술될 웨이퍼 하부에 가스를 제공하는 구조체와 다르다. 오히려, 돌출부는 정전척의 정상부 상에 제공된다. 이 특허에는 척의 옆부분을 통한 열전달과, 척의 옆부분에 있는 냉각 재킷으로 인해 중심부에서 더 뜨거워지는 웨이퍼가 기술되어 있다. 돌출부 영역은,

웨이퍼의 중심에서 더 큰 열전달을 제공하기 위해 웨이퍼의 중심부에서 더 크게 만들어진다. 작은 지역 돌출부는 웨이퍼의 주변부에서 사용된다. 이 특허는 돌출부를 통한 직접적인 열의 전도에 의존한다.

정전척 또는 다른 기판 지지체 내에서 열전달을 위한 또다른 것은 헬륨 가스, 또는 웨이퍼 아래의 기판 지지체 표면에 공급된 다른 가스를 이용하는 것이다. 정전척의 정상부 상의 정전기력용으로 필요한 세라믹 유전체는, 세라믹 재료 자체의 제한된 열전달 특성과, 세라믹이 충분히 매끄럽게 윤이 나지 않고, 따라서 균일한 접촉을 막는 초미립 레벨에서 틈이 갈라지기 때문에 열전달에 대해 특별히 효과적이지는 않다. 그러나, 이들 틈은 잇점이 있다. 만약 헬륨 가스가 기판 지지체의 내부에서 작은 구멍을 통해 공급된다면, 헬륨 가스는 열전달 장치로서 작동하기 위해 기판과 웨이퍼 사이의 공간을 충전할 수 있다. 이와 같이 헬륨 가스를 사용하는데 있어서 하나의 문제는 기판 지지체의 주변부로부터 챔버 자체내로 헬륨 가스의 유출이 차단되는 점이다.

미합중국 특허 제 5,096,536호에 개시되어 있는데, 이 특허는 제1 0링에 의해 규정된 지역 내의, 가스원을 설명하고 있다. 진공 펌프는 제1 0링과 제2 0링 사이의 구역에 의해 한정된 제2 링 지역에 작용한다. 이것은 제1 0링 실링을 통한 대부분의 가스 누출을 제거한다.

일본 특허 출원 제 63-78975호에서, 한 쌍의 세라믹 홈은 그 홈 내의 구멍을 통해 웨이퍼의 뒤쪽에 헬륨을 제공한다. 여기에서, 헬륨을 배기시키기 중앙 진공이 이용되며, 따라서 중심부에서 진공 배기 부근의 압력은 낮게 되고 주변부의 압력은 높게 되어, 냉각 효과가 변화된다. 전술된 유럽 특허출원 제 0,452,222호는 또한 웨이퍼의 바닥면에 헬륨을 공급하기 위한 홈의 격자(gird of grooves)를 제공한다.

PECVD 처리와 같은 몇몇 공정에서, 기판 지지체는 화학적 반응으로부터 기판 지지체의 옆부분을 보호하고 지지체 상에 물질의 증착을 방지하기 위해 기판 가장자리가 기판 지지체의 옆부분을 약간 지나 연장하도록 설계된다. 기판 가장자리가 지나서 연장되는 것(overhanging)의 결정은, 열전달을 위해 가장자리가 기판 지지체와 접촉하지 않기 때문에 더 뜨거워지는 것이다. 또한, 이 반응으로부터 발생한 열은 연장되어 배치된 부분(overhanging portions)에서 기판의 정상 및 바닥면 양쪽에 제공한다. 이에 따라 웨이퍼 상의 화학적 반응의 균일성 문제가 유발된다. 만약 웨이퍼의 다른 부분이 서로 다른 온도 상태에 있다면, 동일한 것을 의도하는 웨이퍼 상의 구조체가 다른 속도 속 구성되어, 일관되지 않는 결과를 가져올 수 있다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

따라서 플라즈마 환경에서 작동할 수 있는 메커니즘에 의해 변화될 수 있는 열전달을 제공함으로써 웨이퍼 전체에 걸쳐 균일한 온도를 가지는 것이 바람직하다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 개선된 기판 지지체와, 기판 지지체의 표면에 다수의 압력 영역이 그 표면 상에 제공되는 작동 방법을 제공한다. 서로 다른 지역 사이에 실링 영역(seal area)이 제공되어, 다른 가스 압력을 허용한다. 큰 열전달이 요구되는 기판 영역에 대응하는 지대에 높은 가스 압력이 제공된다. 기판 지지체와 웨이퍼 사이의 틈 및 가스 압력 각각은 원하는 양은 열전달을 제공하도록 선택된다.

한 실시예에서, 서로 다른 지대에서 압력을 제어하기 위해 피이백(feed back) 제어 루프가 사용되어 기판의 온도를 제어한다. 적어도 하나의 온도 센서는 온도 신호를 제공하기 사용되며, 제어기는 이 신호에 대응하여 가열 및 냉각을 조정하기 위해 가스 압력을 제어한다.

다른 실시예에서 다수의 돌출부는, 기판 아래의 열전달 가스의 가스유동을 용이하게 하는 공간을 제공하기 위해 기판 지지체의 상부로부터 연장된다. 따라서, 열전달은 실제로 기판 및 기판 지지체의 표면 거칠기와는 관계가 없다. 돌출부는 정전척의 상면에 통해 완전히 고르게 떨어져 있고, 돌출부 사이 사이의 비접촉 지역은 돌출부의 접촉 지역보다 더 큰 것이 바람직하다.

돌출부의 높이, 즉 기판과 기판 지지체 정상부 사이의 틈은 최적화된다. 먼저, 상기 틈은 자유 분자 열전달을 확실히 하고 전기장으로 인한 가스의 붕괴(gas breakdown)를 방지하는데 충분하도록 작게 선택된다. 게다가 틈의 크기는, 돌출부 접촉점에 기판에 형성되는 변형(anomalies)을 방지하기 위해 전체 유전체 두께에 비해 작아야 한다. 이들 접촉점은 틈과 비교하여 현저히 다른 유전체 값을 가져, 전기장 내에서 점 변화(point differences)를 초래한다. 둘째로, 틈은 가스압 분포가 빨리 정상상태에 이르러, 공정 시작 시간이 영향받지 않도록 하기 위해 충분히 커야 한다. 높이는 전달 가스의 평균 자유 통로보다 낮다. 돌출부의 크기는 가스를 위한 공간을 최대화하는 한편, 과도한 힘 없이 기판을 지지하기에 충분하다.

정전척에 대한 다른 실시예에서, 유전체의 두께는 변화한다. 특히, 유전체는 웨이퍼의 주변부 부근에 큰 정전기력이 형성되도록 지지체의 중심에서 더 두껍다. 이것은 가장자리에서의 열 차이로 인한 에지의 휨을 방지할 및 한 실시예에서 웨이퍼의 주변부에 있는 고압의 가스가 달아나지 않고 포함될 수 있게 함으로써 웨이퍼의 주변부에서의 열전달을 개선한다.

본 발명의 본질 및 잇점은 첨부된 도면을 참고하여 다음 설명으로부터 더욱 쉽게 이해될 것이다.

실시예

도 1은 본 발명의 주요내용에 따른 정전척(electrostatic chuck; 14)을 포함하고 있는 대표적인 웨이퍼 처리장치(2)를 나타낸다. 정전척(14)이 아닌 기판 지지체는 상용될 수 있으며, 정전척 예로 나타나 있다. 정전척(14)은 웨이퍼 처리장치(2)의 고밀도 플라즈마 반응 챔버(8) 내에 위치한 반도체 웨이퍼(W)를 지지하고 전기적으로 유지한다.

도 1을 참조하면, 웨이퍼 처리장치(2)는 전기, 가스, 웨이퍼 취급 및 다른 지지기능을 제공하는 (도면에 도시되지 않은) 주 프레임 유닛에 부착되어 있다. 웨이퍼 처리장치(2)는 보통 예들들어 볼트를 구비한 주 프레임 유닛에 제거가능하게 부착될 것이기 때문에, 플라즈마 반응챔버(8)는 유지 또는 보수를 위해 제거될 수 있거나, 또는 다른 챔버로 대체될 수 있다. 도 1에 도시된 웨이퍼 처리장치(2)의 실시예와 경용식인 주 프레임 유닛은 산타 클라라에 위치한 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드에서 제조된 정밀도

Precision 5000™, Centura 5200™, Endura 5500™으로서 현재 구입할 수 있다. 그러나, 비록 본 발명은, 다중 챔버 처리장치 내의 플라즈마 반응 챔버의 일부로서 도시되고 설명되었지만, 이러한 방식에만 한정되지는 않는다. 본 발명은 다양한 처리 챔버에 이용될 수 있다.

웨이퍼 처리장치(2)는 플라즈마 반응 챔버(8) 및 정전척(14)을 둘러싸고 있는 밀폐 조립체(enclosure assembly; 12)를 포함한다. 밀폐 조립체(12)는 정전척(14) 바람직하게는 (도면에 도시되지 않은) 4개의 로드(rod)에 의해 정전척(14)위로 지지되는 커버 링(cover ring; 20) 즉 고온 처리 키트(hot process kit)를 포함한다. 커버 링(cover ring; 20)을 포함하며, 이 유전체는 웨이퍼(W) 위 챔버(8) 내의 플라즈마 정전척(14)의 일부와 접촉하여 이를 부식시키는 것을 방지 또는 최소로 한다.

정전척(14)을 채용한 시스템은 플라즈마 반응 챔버(8)에 대한 종래의 전기 회로를 포함한다. 전기 회로는 DC 전력 공급장치(24) 및 RF 전력 공급장치(27)를 포함한다. DC 전원 공급장치(24)는 정전척(14)과 (접지되지 않은) 챔버 벽 사이에 적합한 클램핑 전압, 예를들어 +700 또는 -1200 볼트의 전압을 공급한다. DC 전력 공급장치(24)는 RF 전력 공급장치(27)로부터 DC 전력 공급장치(24)를 절연하는 낮은 통로 필터(26)를 통해 정전척(14)에 결합된다.

RF 전력 공급장치는 플라즈마 반응 전력을 공급한다. RF 전원의 전력 및 RF 바이어스 전력은 각각 임피던스 매칭 네트워크(28)를 통해 챔버에 결합되는데, 상기 RF 전원의 전력은 유도 안테나(30)에 결합되며, 바이어스 전력은 정전척(14)에 결합된다. 전원 RF 발생기는 플라즈마 내에서 요구되는 화학 반응에 필요한 이온을 발생시킨다. 바이어스 RF는 이들 이온을 웨이퍼 기판을 향해 몰아간다. RF 바이어스 전력 및 DC 전압 양자에 대한 접지 기준은 상부의 접지된 대향 전극(grounded counter electrode; 32)이다. DC 전력 공급장치(24)는 웨이퍼(W)를 페데스탈에 정전적으로 고정시키기 위한 전기장을 발생시키기 위한 클램핑 전압을 공급한다. 웨이퍼(W)를 해제(즉 "척을 분리")할 필요가 있을 때, DC 전력 공급장치(24)는 0의 출력 전압으로 스위칭되거나, 만일 웨이퍼의 해제를 가속화할 필요가 있다면 극이 바뀐 전압(reverse polarity voltage)으로 스위칭될 수 있다.

플라즈마 반응 챔버는 고밀도, 저 에너지 플라즈마를 발생 및 유지시키기 위해, 유도 결합된 RF 전력을 이용한다. RF 바이어스 전력은 웨이퍼(W) 및 정전척(14)을 통해서 플라즈마에 용량적으로 결합되며, 접지된 대향 전극(32)은 플라즈마 소스 영역에 위치하여 바이어스 전류에 대한 복귀 경로를 제공한다. 도면에 도시된 플라즈마 반응 챔버(8)에 대한 더욱 상세한 설명 및 처리 웨이퍼(W) 내에서의 플라즈마 반응 챔버(8)의 작동은 콜린스(Collins) 등의 미국 특허 제 5,350,479호에서 찾아볼 수 있다.

정전척(14)은 입수관(34) 및 배수관(38)을 포함하며, 이들을 모두 열교환기(33)에 연결되어 있다. 고압 및 저압 헬륨라인(47 및 52)은 웨이퍼 아래 정전척의 표면에 헬륨을 제공하기 위해 헬륨 공급장치(53)에 연결되어 있다. 선택적인 진공 라인(35)은 정전척 표면으로부터 헬륨을 배출하기 위한 진공펌프(37)에 연결되어 있다. 입수관(34) 및 배수관(38)에 추가하여, 정전척(14)은 웨이퍼를 가열하기 위해 정전척을 저항 가열하는 가열기(43)에 연결된 가열 라인(41)을 선택적으로 갖출 수 있다.

열 교환기(33), 진공펌프(37), 헬륨 공급장치(53) 및 가열기(43)는 모두 메모리(45) 내에 저장된 프로그램에 의해 작동하는 제어기(39)에 의해 제어된다. 제어기(39)는 DC 전원 공급장치(24) 및 RF 전원 공급장치(27)와, 웨이퍼 처리장치 중 도 1에 도시되지 않은 다른 장치를 제어한다. 웨이퍼의 온도에 관한 피드백을 제공하기 위해 제어기(39)에 연결된 온도 센서(96)도 나타나 있다.

도 2A 및 도 2B는 웨이퍼의 불균일 가열을 나타낸다. 도 2A는 페데스탈 기판 지지체(61) 위에 지지체를 지나 연장되게 배치된 주변부(60)를 구비한 웨이퍼(W)를 나타낸다. 이러한 연장 배치(overhang)는 보통 불소, 스퍼터링, 또는 기판 지지체의 열부 및 상부에 코팅되는 알루미늄을 에칭해내는 다른 웨이퍼 처리를 피하기 위해 제공된다. 화살표(63)는 플라즈마 또는 화학적 반응에 의해 웨이퍼에 전달되는 열을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 웨이퍼의 중심부(62)는 열을 상부로부터만 받는 반면, 주변부(60)는 상부, 옆부분 및 바닥으로부터 열을 받는다. 게다가 페데스탈은 중심부(62)의 바로 아래에 있고 열을 제거할 수 있는 반면, 주변부로부터 오는 열은 직접 용이하게 제거되지 않는다.

웨이퍼(W) 위의 전형적인 온도 분포가 도 2B에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 웨이퍼는 주변부에서 더 뜨겁다. 도 2C는 본 발명이 얻고자 하는, 기판의 이상적인 열 전달 프로필을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 주변부 근처의 좁은 지역 내에 훨씬 더 큰 열전달량이 요구됨이 분명하다. 이상적으로, 측면 방향 열전달을 피하기 위해, 열이 제거되는 위치는 열이 들어오는 위치와 근사하다.

도 3은 본 발명에 따른 정전척(64)의 한 실시예의 평면도이다. 매끄러운 상면 대신, 다수의 돌출부(66)를 형성하기 위해 상면에 다수의 홈이 제공되어 있다. 이들 돌출부의 중심 지대(68)는 실링(72)에 의해 주변 지대(70)로부터 분리된다. 실링(72)은 단지 돌출부를 제공하기 위해 그 속에 형성된 홈을 갖추고 있지 않은 지역이므로, 본래 웨이퍼와 균일한 접촉을 제공하기 위해 종실면(solid surface)을 이루고 있다. 바깥쪽 실링(74)은 챔버 내로 헬륨 가스가 새어 들어오는 것을 최소화하기 위한 방법을 제공한다.

헬륨 가스는 일련의 구멍을 가지는 홈(groove)인 링(76)을 통해 주변 지대(70) 안으로 삼입되며, 이 구멍은 도 1의 고압 헬륨 라인(47)으로부터 이 지대 안으로 고압 헬륨을 받아들인다. 내부 링(78)은 저압 헬륨 라인(52)으로부터 중심지대(68)로 저압 가스가 흐를 수 있게 만든다. 작동시 중심지대(68) 내에서 초기의 저압 헬륨을 설정한 후, 일반적으로 헬륨 링인 내부 링(78)은 실링 지역(72)을 통한 가스 누출을 제거하여, 요구되는 저압 헬륨을 유지할 것이다. 선택적인 실시예에서, 리프트 핀(lift pin) 구멍일 수 있는 진공 구멍(80)이, 도 1의 진공 라인을 이용하여 중심지대 내의 가스를 평평해 내는데 사용되어, 중앙 지대의 압력을 더 낮출 수 있다. 선택적으로 몇 개의 진공 구멍이 추가될 수도 있다.

헬륨 흡인 내부 링(78)은 실링 지역(72) 부근에 위치하는 것이 바람직하다. 내부 링(78)을 가능한 한 가까이 위치시킴으로써, 도 2C의 바람직한 열전달 단계 함수에 근접될 수 있다. 따라서 고압 가스는 주변부에 의해 좁은 지역 내에 포함된다. 만일 고압 가스가 웨이퍼의 중심을 향해 너무 멀리 확산된다면, 냉각기 센서가 더욱 냉각되어, 고압 가스에 의해 제공된 열 차이(heat differential)의 감소를 부분적으로 상쇄시킬 것이다.

작동시, 웨이퍼를 가열하기 위하여 저압(1~15torr)의 헬륨이 중심지대(68) 내에 제공되고, 고압(1~20torr)의 헬륨은 주변 지대(70)에 제공된다. 주변 지대의 압력이 더 높음으로써, 웨이퍼의 주변부에서 더 나은 열전달 프로필이 제공되어 도 2에서 나타난 열효과가 상쇄된다.

한 실시예로, 실링은 정전척(64)의 정상부의 나머지 부분과 같은 세라믹 코팅으로 만들어진다. 그러한 세라믹 코팅은 틈(interstices)이 작기 때문에, 실링 지역은 완전한 실링을 제공하지 못한다. 게다가 기판 또는 웨이퍼는 어느 정도의 뒤쪽 거칠기를 가질 것이며, 기판 지지체보다 더 거칠 것이다. 따라서 실링 지역은 한 지역으로부터 다른 지역까지의 헬륨 누출을 확실히 방지하기에 충분한 폭을 가져야 한다. 압력 범위가 위와 같이 설정되었고 세라믹으로 덮인 정전척에 대해, 0.254cm(1/10 인치)의 실링 폭이 효과적이 이 테스트에 의해 측정되었다. 실링 폭은 바람직하게는 0.127~0.762cm(50~300밀리인치)의 범위 내에 있다. 바깥쪽 실링(74)에 대해서는 폭을 최소화하는 것이 바람직하는데, 이는 이 실링 위의 영역은 고압 헬륨으로부터의 열전달의 이점을 가질 수 없기 때문이다. 동시에 실링은, 반응에 영향을 미칠 수 있는 챔버 내로의 심각한 헬륨 누출을 방지하기에 충분한 폭이어야 한다. 상기 0.254cm(100 mil)의 폭이 효과적이고, 0.127~0.762cm(50~300밀리인치)의 범위가 최적임이 발견되었다. 기판 지지체 및 기판의 재질과 평활도가 다르면 폭도 다른 것이 적절할 수 있다. 예를 들어 쉽게 구할 수 있는 KaptonTM과 같은 폴리머 필름이 사용되면, 그에 따라 폭이 작아질 수 있다.

열전달 가스로는, 불활성이고 비교적 저렴하기 때문에 헬륨이 바람직하다. 선택적으로, 아르곤, 산소, CF₄, 또는 다른 가스가 사용되거나, 가스 혼합물이 이용될 수도 있다. 예를 들어 추가의 압력 제어 능력을 부여하기 위해 혼합물이 이용될 수 있다. 어떤 누출 가스라도 화학 반응 최소의 영향만을 미치도록, 챔버 내에서의 화학 반응과 호환성 있는 특정 가스가 선택될 수 있다. 예를 들어, 불소를 에칭제로 사용하는 에칭 반응에서는, CF₄를 후면 열전달 가스로서 사용하는 것이 바람직할 수 있다.

열전도는 주로 헬륨 가스를 통해 일어나기 때문에, 이를 위해서는 돌출부 및 실링 지역의 크기와 수를 최소화하는 것이 바람직하다. 따라서, 기판 영역에 걸쳐 비점측 지역보다 점측 지역이 적을 것이다. 다른 한편으로는, 가스 누출을 방지하기 위해 실링이 요구되며, 돌출부는 웨이퍼를 기계적으로 지지하기 위해 충분한 크기 및 간격으로 되어야 한다. 추가로, 최적화되어야 할 다른 요소가 있다. 돌출부 사이의 기판 지지체와 기판 사이의 틈을 결정하는 돌출부의 높이는, 공정 시작 시간에 영향을 주지 않고 가스가 상기 지대를 통해 빨리 분포되기에 충분하여야 한다. 이는 통상 수초의 차수에 있으며, 가스는 10초 또는 그보다 짧은 시간 내에 분포되어야 한다.

최적의 열전달을 위해 상기 틈은, 다른 가스 분자와 충돌하지 않고 기판으로부터 기판 지지체까지 직접 이동하는 분자의 의해 우선적으로 열전달이 발생하도록 충분히 작아, 자유 분자 열전달이 허용되어야 한다. 따라서 틈은 가스의 평균 자유 행로(mean free path)(가스 혼합물이 사용되는 경우에는 에버리지 자유 행로(average free path)보다 작을 것이다. 평균 자유 행로는 가스 압력과 분자 충돌 단면의 함수이다. 다양한 압력이 사용되는 경우 평균 자유 행로는 변할 것이다. 바람직한 실시예에서 틈의 규격을 결정하기 위해, 공급될 최대압력의 평균 자유 행로가 이용된다.

게다가 전체 유전체의 두께에 대한 틈의 비가 작게 유지되어, 기판 위의 국부적인 변형(anomalies)을 피해야 한다. 이 비가 중요하다면, 동등한 캐패시턴스(equivalent capacitance)는 공간과 돌출부 사이에서 상당히 변하여, 기판에 대해 상당히 다른 전기장을 인가할 것이다. 이러한 다른 전기장은 화학 반응에 영향을 미칠 수 있어, 증착, 에칭, 도핑되거나 다른 성질 변화를 거치는 필름 내에 불균일성을 초래한다. 어떤 차이점이 존재할 것이나, 이를 최소화 할 필요가 있다.

비율의 중요성은 유전체에 따라, 특히 유전체와 (기본적으로 하나인) 열전달 가스의 유전상수 차이에 따라서도 변한다. 두 유전상수가 비슷할수록, 틈이 커도 큰 관계가 없다.

틈의 크기를 정할 때 고려할 또 하나의 요소는, 기판 지지체와 웨이퍼 뒤쪽 사이에서 열전달 가스에 의해 발생된 플라즈마를 피하는 것이다. 만일 틈의 크기가 열전달 가스의 평균 자유 행로의 수배가 될 때 문제가 되기 시작한다.

정전척의 한 실시예에 대해서, 세라믹 코팅의 두께는 0.01778~0.0254cm (7~10밀리인치)이다. 만일 캡톤(KaptonTM)이 사용된다면, 0.00254~0.00508cm (1~2 밀리인치)의 두께가 이용될 수 있다. 척킹(chucking)을 위해 유전체는, 제조의 일관성이 유지되고 유전체 파괴가 방지되는 한에서는 가능하다면 얇은 것이 이상적이다. 전술한 두 지대에 대한 압력에서 헬륨의 평균 자유 행로는 약 0.00254~0.0127cm (1~5밀리인치)이다(매우 높은 압력에서는 평균 자유 행로가 1보다 작을 수도 있다). 따라서 0.001778~0.003048cm(0.7~1.2밀리인치) 높이의 돌출부가 선택, 시험되었으며 효과적인 것으로 밝혀졌다. 이에 따라 원하는 압력에서 헬륨의 평균 자유 행로보다 작은 틈이 제공된다. 틈은 적절한 압력에 있는 열전달 가스의 평균 자유 행로의 2배보다 작은 것이 좋으며, 평균 자유 행로보다 작은 것이 더욱 바람직하다.

돌출부 사이의 간격은, 여전히 기판을 휘지 않게 지지하면서, 가능한 한 커야 한다. 한 실시예에서는 기판은 편평하게 유지되는 반면, 다른 실시예에서 휘어진 기판을 적절하게 지지하기 위해 돌출부의 높이, 또는 (동일한 높이의 돌출부를 구비한) 기판 지지체의 상면을 변화시키는 것은 바람직할 수 있다. 다른 요소는 전기장 내에 국부 변형을 초래할 수 있는 첨점(sharp point)을 방지하는 것이다. 간격이 너무 크면 척킹을 해제하는 동안 전하 이동에 영향을 주어 손상을 유발시킬 수 있다.

돌출부의 최적의 중심에서 중심까지의 간격은 0.254~0.762cm (100~300밀리인치) 범위, 바람직하게는 약 0.762cm (300 밀리인치)인 것이 좋음이 측정되었다. 돌출부의 자체 크기는 지름이 0.0254cm~0.381cm (10~150 밀리인치) 사이, 더욱 바람직하게는 약 0.3302cm (130 밀리인치)가 좋다. 정방형의 돌출부는 제조가 쉽기 때문에 간단히 도시되어 있으며, 다른 형태가 사용되어도 좋다. 예를 들어, 고리 모양이 이용될 수도 있다.

가스를 제거하기 위한 개구는, 다른 실시예에서는 설치되어 있을 수 있어도, 도시된 실시예의 바깥쪽 주

변부 내에 나타나 있지 않다. 헬륨 압력은 고압 또는 저압의 헬륨을 제공함으로써, 또는 진공 펌프를 통해 펌핑함으로써 더욱 제어될 수 있다. 중심지역에 대해, 압력은 이들 방법 중 어느 하나 양자의 조합에 의해 조정될 수 있다. 지지체 중앙 부근의 진공과 조합하여, 가장자리 부근에 헬륨 원을 링으로서 위치시킨으로써, 중심 구역 내에 추가의 압력 구배가 제공되며, 이를 중심을 향하여 감소된다. 따라서 본 발명의 다른 실시예는, 중심부 내에서 헬륨 입구 및 진공 출구의 배치를 통해 이루어지는 정밀한 튜닝(tuning)과 함께, 두 압력 영역을 통한 열전달의 대략적인 조정(coarse adjustment)을 제공한다. 다른 실시예에서, 하드웨어를 추가로 설치하는 대가로, 하나 이상의 지대가 사용되어 더욱 정밀한 조정을 할 수 있다.

도 4는 유전체(86)의 두께가 변화하는 정전척(64)의 한 실시예의 측면도이다. 웨이퍼(82)는 척 상에 장착되어 있다. 척은 유전체(86)로 덮인 전극 부분(84)을 포함한다. 유전체는 정전척의 상부에 걸쳐 그리고 척면(90)을 따라 연장된다. 도식된 바와 같이, 유전체는 중심부(92)에서 두껍고 주변 영역(94)에서는 얇다. 이 측면도는 다수의 돌출부(66)와 안쪽 실링(72) 및 바깥쪽 실링(74)을 도시하고 있다.

주변 영역(94)에 있는 얇은 유전체는 이 영역에 더 강한 정전기력을 공급한다. 이는 여러 가지 이점이 있다. 먼저, 웨이퍼를 더욱 단단하게 고정하여, 정전척의 상부와와의 접촉을 보다 양호하게 함으로써 열전달이 더 좋아지게 한다. 둘째로, 더 강력한 힘에 의해, 주변부에 인접한 실링(72 및 74) 사이의 고압 헬륨 내에서의 유지를 돕는다. 더욱이 웨이퍼 주변부가 중심부와 온도 차이가 있다면, 웨이퍼는 중심부에 대해 휘거나 워 또는 아래로 구부러져 열 차이 문제를 악화시킨다. 이 문제는 주변부의 정전기력을 적절히 더 높임으로써 극복될 수 있다.

다른 실시예에서, 2개의 압력 지대 또는 돌출부가 없이 유전체 두께 변화가 이용될 수 있다. 유전체 코팅 내에서의 변화는 연속적일 수도 단계적일 수도 있다. 단계적인 차이가 제조가 더 쉽고 비용이 절감된다.

실링 지역(74) 및 웨이퍼의 가장자리의 강한 정전기력의 다른 잇점은 정전척의 상면 부근에서, 노출된 금속에 대한 플라즈마의 아크 발생(arc)을 방지하는 것이다. 이러한 노출된 금속은 통상 헬륨 입구 포트에 위치하며, 헬륨 입구 포트는 알루미늄 전극을 통해 위로 이루어져, 구멍을 통해 전극으로의 통로를 노출시킨다. 아크발생은, 견고한 실링을 제공하고, 헬륨 입구 구멍을 정전척의 가장자리로부터 충분히 떨어져 위치시키며, 그곳에 홀을 설치함으로써 방지된다.

도 4에 도시된 바와 같이, 온도 센서(96)는 정전척의 상면과 웨이퍼 사이의 공간 내에 설치될 수 있다. 따라서, 웨이퍼의 온도는 센서로부터 추측될 수 있다.

도 5는 온도제어를 나타내는 피드백 제어장치의 신호 흐름도이다. 도 5는 헬륨 압력을 조정하기 위한 폐쇄 루프 온도 제어장치에 대한 것이다. 이와 달리, 온도 센서가 없는 개방 루프 장치가 사용될 수도 있다. 종래의 실험은 소정의 처리 변수에 대한 적절한 헬륨 압력을 지시할 수 있으며, 따라서 다른 실시예에서는 온도 센서가 생략될 수 있다. 도 5는 처리장치 내에서 수행되는 함수와 물리적 효과 모두를 포함한다.

도 5에 도시된 바와 같이 온도 설정점은, 사용자가 프로그램한 입력으로서 메모리(45) 내의 제어 프로그램으로부터 도 1의 제어기(39)에 제공된다. 온도 설정값(setpoint value)은 제어기에 의한 상수로 곱해질 수 있으며, 제어기는 이 결과를 덧셈 함수(102)로 나타난 바와 같이 피드백 신호(113)에 더한다. 덧셈 함수의 결과는 제어기에 의해 사용되어, 헬륨 공급 장치 내의 밸브 또는 유동 제한장치를 제어함으로써 헬륨 압력을 제어한다. 이는 헬륨 가스의 열전달 정도를 변화시킨다. 바람직한 실시예에서, 헬륨 압력은 수학적 모델에 따라 제어되지만, 경험에 의한 결과도 압력 제어의 기초로서 이용될 수 있다. 수학적 모델이 이하 설명된다. 헬륨 압력은 블록 102로 나타난 바와 같이 정전척(ESC)으로의 열전달을 제어한다(이 대신 임의의 형태의 기판 지지체가 사용될 수도 있다). 정전척(ESC)은 열교환기(33)에 의해 냉각되거나 또는 가열기(43)에 의해 가열되어, 웨이퍼로의 열전달량은 헬륨 압력에 의해 조정된다. 이러한 열전달은 (블록 104에 의해 설명된 것처럼) 플라즈마로부터 전달된 에너지에 의해 발생된 열에 의해 발생할 수 있으며, 플라즈마는 정전척으로의 열전달과 (블록 106에 의해 설명된 바와 같이) 조합된다. (블록 108에 의해 설명된 바와 같이) 웨이퍼 열 질량에 공급된 전체 열전달은 웨이퍼의 온도(110)를 발생시킨다. 반도체 웨이퍼가 아닌 다른 기판이 사용될 수도 있다. 피드백 라인(111)으로 나타난 바와 같이, 웨이퍼의 최종 온도(110) 역시 정전척으로의 열전달량에 영향을 준다. 정전척과 블록 102 내에 표시된 웨이퍼 사이에서의 열전달 작용은 정전척의 온도뿐만 아니라, 웨이퍼 온도의 함수이다. 도시된 바와 같이, 정전척(102)으로의 열전달은 웨이퍼로부터 열을 제거하는 반면, 플라즈마(104)로부터의 열은 웨이퍼에 열을 가한다. 그러나 정전척이 웨이퍼를 가열하기 위해 사용될 때는 이것이 반대로 될 수 있으며, 따라서 열을 제공하는 한편 낮은 온도의 플라즈마 때문에 또는 플라즈마가 없는 상태에서 단지 챔버만에 의해 열이 제거된다.

블록 112은 온도 센서에 의해 온도를 전기적 신호로 변환시키는 것을 도시한다. 블록 114는 피드백으로서의 온도 설정과 온도 신호를 결합하기 전에 처리장치 내에 제공된 변환 함수(transfer function)를 도시한 것이다. 상기 변환 함수는 가장 간단한 형태로는 1일 수도 있는 상수에 의한 곱셈이거나, 단순한 아날로그 신호로부터 디지털 신호로의 변환일 수도 있다.

제어기에 의해 실행된 함수는 메모리(45) 내의 프로그램의 실행된다. 이 프로그램은 온도 센서로부터 온도를 판독하기 위한 명령, 이 온도를 원하는 입력 설정 온도와 비교하기 위한 명령, 특별한 압력 영역 내에서 가스의 압력을 변화시키기 위해 압력 밸브(또는 유동 제한장치)를 제어하기 위한 명령과 같은 다양한 단계를 실행하기 위한 명령을 포함할 것이다. 고장 등의 경우 가스를 차단하기 위한 다른 명령이 제공된다.

압력을 증대 또는 감압함으로써 헬륨 압력이 제어될 수 있으며, 이때 간단한 하나의 압력 정전척이 사용된다. 이와 달리 본 발명의 바람직한 실시예에서와 같이 2개의 압력 영역이 사용되는 경우, 바깥쪽 및 안쪽 헬륨 압력이 별개로 제어될 수 있다. 각 구역의 온도는 예를 들어 2개의 영역의 교차부 근처에 배치될 수 있는 하나의 온도 센서로부터 추측될 수 있다. 또는 2개의 서로 다른 온도 센서가 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 온도 센서는 정전척의 상면 또는 웨이퍼 자체에 직접 접촉하도록 놓일 수 있다. 온도 센서는 압력 누출이 발생하여 압력 변화가 유발되는 곳의 압력을 추측하기 위해 사용될 수 있다. 압력 조절기(pressure regulator)는, 웨이퍼로부터 어느 정도 떨어져 있어 다른 압력을 가질 수 있는

출력부(output)에서의 압력만을 감지할 수도 있다. 웨이퍼 하의 실제 압력을 추론하기 위해 압력 센서가 사용될 수 있다. 웨이퍼 표면의 거칠기에 따라, 압력 누출이 변할 수 있으며, 따라서 공급된 압력도 변화될 수 있다.

제어장치는 어떤 제한을 가지는 것이 일반적이다. 예를 들어 헬륨 압력이 제한되어 웨이퍼가 정전적으로부터 들어올려지지 못하거나, 너무 큰 압력차가 제공되어 열응력에 의해 웨이퍼를 손상시키는 열구배를 유발시킨다. 이러한 제한이 너무 많을 경우, 또는 다른 한정된 결함이 발생하는 경우, 가스의 유동이 중지된다.

전술된 바와 같이, 본 발명의 장치에 대한 바람직한 실시예에서 헬륨 압력을 제어하기 위해 열전달 함수의 수학적 모델이 이용된다. 이러한 모델은 도 6과 함께 설명된다. 도 6에 도시된 바와 같이, 웨이퍼는 정전척 상에 위치해 있다. 이러한 모델을 설명하기 위해, 척과 웨이퍼 사이에 공간이 확대되어 나타나 있다.

도 6에 도시된 장치에 대해서,

- q_p : 플라스마로부터의 열 플럭스 q_{out} : 기판(척)을 향한 열 플럭스
 q_{RAD} : 열방출에 따른 열 플럭스 q_{GAS} : 자유 분자 열전도에 따른 열 플럭스
 T_{WAF} : 웨이퍼 온도(센서 온도) T_C : 정전척의 온도
 α_W : 웨이퍼의 적응률 ϵ_W : 웨이퍼의 방사율
 α_C : 척의 적응률 ϵ_C : 척의 방사율
 σ : 스테판 볼츠만 상수 P : 가스 압력
 γ : 국부 경계조건, 예를 들어 센서 위치, 웨이퍼 위치 등에 따른 수정 요소
 ρ : 웨이퍼 밀도 C_p : 웨이퍼의 비열
 t : 웨이퍼 두께 Λ : 가스의 열전도성

웨이퍼에 대해서, 에너지 보존법칙을 이용하여

$$\rho C_p \frac{dT_W}{dt} = \gamma q_p - q_{out} \quad (1)$$

$$q_{out} = \gamma q_p \quad (2)$$

$$q_{out} = q_{RAD} + q_{GAS} \quad (3)$$

$$q_{RAD} = \epsilon_W \sigma T_W^4 + \epsilon_C \sigma T_C^4 \quad (4)$$

$$q_{GAS} = \frac{\alpha_C \Lambda W}{\alpha_W + \alpha_C} \frac{C_p}{\rho} \frac{P(T_W - T_C)}{\Lambda} \quad (5)$$

이제,

$$\beta = \frac{\alpha_C \Lambda W}{\alpha_W + \alpha_C} \frac{C_p}{\rho} \frac{P}{\Lambda} \quad (6)$$

적응요소,

$$\rho C_p \frac{dT_W}{dt} = \gamma q_p \cdot [(\epsilon_W \sigma T_W^4 + \epsilon_C \sigma T_C^4) + \beta \Lambda (T_W - T_C)] \quad (7)$$

라고 하면, 정상 상태에서,

$$\frac{dT_W}{dt} = 0 \quad (8)$$

$$0 = \gamma q_p \cdot [(\epsilon_W \sigma T_W^4 + \epsilon_C \sigma T_C^4) + \beta \Lambda (T_W - T_C)] \quad (9)$$

이다. 이를 간단히 하면,

$$P = \frac{\gamma q_p \cdot [(\epsilon_W \sigma T_W^4 + \epsilon_C \sigma T_C^4)]}{\beta \Lambda (T_W - T_C)} \quad (10)$$

가 된다. 두 압력 영역을 위한 압력제어 시스템의 한 실시예가 도 7에 도시되어 있다. 기판 지지체(120)는 별개의 지대에 연결된 고압 가스 라인(122) 및 저압 가스 라인(124)을 갖추고 있다. 고압 헬륨 제어기(126)는 가압된 헬륨 탱크(128)로부터 고압 라인(122)을 공급한다. 고압 헬륨 제어기(126)는 출력부에서 압력을 모니터링하고, 원하는 압력을 유지하기 위해 헬륨의 유동을 제어한다. 밸브(130)는 고압 라인(122)과 저압 라인(124) 사이에서 압력 강하를 제공한다. 이러한 방식으로, 두 압력을 제어하기 위해 하나의 압력 제어기가 사용될 수 있다. 진공펌프(132)도 저압 라인(124)에 연결되어, 밸브(131)를 통해 다른 수준의 제어를 제공한다. 이와 달리, 2개의 별개의 제어기가 사용되거나, 진공펌프가 별개의 라인에 연결될 수 있다. 또는 밸브 대신 유동 제한장치가 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 별개의 압력 영역들을 위해 별개의 압력 제어기 및 유동 제한 장치가 사용될 수 있다.

종래기술에 의해 이해되는 바와 같이, 본 발명은 그 사상이나 본질적 특징을 벗어나지 않고 다른 특정한

형태로 실시될 수 있다. 예를 들어 2개 대신 3개의 압력 영역이 사용될 수 있다. 또는 본 발명에 개시된 다양한 형태의 다른 조합이 사용될 수 있다. 예를 들어 압력 영역을 사용하지 않고 돌출부의 사용이 가변 유전체와 결합될 수 있다. 이와 달리, 압력 영역은 돌출부를 사용하지 않고 가변 유전체와 결합될 수 있다. 유사하게 다른 조합도 가능하다. 따라서 이상의 실시예는 예시적인 것이며, 아래의 특허청구 범위에 개시된 본 발명의 청구 영역을 제한하는 것은 아니다.

발명의 효과

본 발명의 장치 및 방법에 의해 기판 속에서 균일한 온도 분배가 달성된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

기판을 고정하기 위한 기판 지지체로서,

표면과 제 1 통로를 가지며 상기 표면 부근에서 종료되는 몸체를 포함하며,

상기 제 1 통로는 상기 몸체 내에 위치하며, 상기 표면은 가스가 상기 지지체와 상기 회로 기판 사이에서 흐르도록 이격된 오목부 지대(recessed regions)를 가지며, 상기 이격된 오목부 지대는 제 1 및 제 2 지대와 상기 제 1 및 제 2 지대 사이에 위치된 실링을 규정하며, 상기 제 2 지대는 상기 제 1 지대를 둘러싸며 상기 가스가 상기 제 2 지대에 유입되도록 상기 제 1 통로와 유체 연통되며, 상기 제 1 및 제 2 지대는 각각 연관된 체적을 가지며, 상기 제 1 지대의 체적은 상기 제 2 지대의 체적보다 더 큰 기판 지지체.

큰 열전달이 요구되는 상기 기판의 일부에 대응하는 지대 내에 높은 가스 압력이 제공되도록 상기 지대 중 적어도 한 지대에 상기 가스를 유입하기 위한 적어도 하나의 통로로 구성되는 것을 특징으로 하는 기판 지지체.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 기판은 주변부(periphery)를 가지며, 상기 제 2 지대가 상기 주변부에 인접하여 배치되는 기판 지지체.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 실링 및 상기 제 2 지대는 각각 연관된 폭을 가지며, 상기 제 2 지대와 연관된 폭이 상기 실링과 연관된 폭보다 더 큰 기판 지지체.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 몸체 내에 위치하고 상기 제 1 지대에 위치한 개구 내에서 종결되는 제 2 통로를 더 포함하는 기판 지지체.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 실링은 환형이며, 상기 표면의 연속부인 기판 지지체.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 몸체는 상기 실링에 인접한 상기 제 1 지대에 위치한 환형의 개구와 상기 제 2 지대 내의 상기 환형 개구와 상기 마주보는 주 표면(opposed major surface) 사이에서 연장되는 제 2 통로를 포함하는 기판 지지체.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 실링은 환형이어서, 환형 실링을 규정하여, 상기 환형 실링을 둘러싸는 바깥쪽 주변부 실링을 더 포함하는 기판 지지체.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 주변부 실링은 폭이 0.762cm(300밀리인치) 보다 작은 기판 지지체.

청구항 9

제 6항에 있어서,

상기 가스를 포함하는 공급원과,

상기 공급원과 상기 제 2 지대 사이에 연결된 고압 라인과,

상기 고압 라인에 연결된 고압 제어기와,

상기 고압원과 상기 제 1 지대 사이에 연결된 저압 라인, 및

상기 고압 라인과 상기 저압 라인 사이에 연결된 유동 제한장치(flow restriction device)를 포함하는 기판 지지체.

청구항 10

제 1항에 있어서, 상기 기판 지지체가 정전척(electrostatic chuck)인 기판 지지체.

청구항 11

제 9항에 있어서, 상기 가스 공급원으로부터 공급되는 가스가 헬륨인 기판 지지체.

청구항 12

제 1항에 있어서, 상기 기판이 반도체 웨이퍼인 기판 지지체.

청구항 13

제 1항에 있어서, 상기 기판 지지체는 처리 챔버이며, 상기 챔버내에 장착되고 상기 제어기에 결합된 하나 이상의 온도 센서를 더 포함하는 기판 지지체.

청구항 14

제 13항에 있어서, 상기 온도 센서는 상기 기판과 직접 접촉하고 있는 기판 지지체.

청구항 15

제 13항에 있어서, 상기 제어기에 결합되며, 코드화된 명령을 저장하는 메모리를 더 포함하며,

상기 메모리는 상기 온도 센서로부터 온도 표시를 판독하기 위한 제 1 명령과,

상기 기판에 요구되는 온도에 대응되는 원하는 온도와 상기 온도 센서로부터 온도를 비교하기 위한 제 2 명령과,

상기 기판을 원하는 온도에 근접하도록 상기 가스의 열전달 특성을 변화시키기 위해 상기 제 1 및 제 2 지대 내의 상기 가스의 압력을 변화시키기 위한 제 3 명령을 포함하는 기판 지지체.

청구항 16

제 15항에 있어서, 상기 코드화된 명령은, 결합이 있는 경우 상기 가스를 차단하기 위한 제 4 명령을 더 포함하는 기판 지지체.

청구항 17

제 1항에 있어서, 상기 제 1 통로에 결합된 가스 공급원, 및 상기 가스의 유동을 제어하기 위한 가스 제어기를 더 포함하며, 상기 제어기는 제어 입력측을 가지는 기판 지지체.

청구항 18

제 17항에 있어서,

상기 제 2 지대에 결합된 하나 이상의 저압 통로와,

진공 펌프, 및

상기 진공 펌프와 가스 제어기에 결합된 제어 인풋을 가지는 저압 통로 사이에 연결되는 유동 제한장치를 더 포함하며,

상기 제어 밸브는 상기 제 2 지대 내의 압력을 적어도 부분적으로 제어하는 기판 지지체.

청구항 19

제 1항에 있어서, 다수의 이격된 돌출부(protrusions)를 더 포함하며, 상기 돌출부는 돌출부 사이의 간격이 돌출부보다 더 큰 영역이 되도록 상기 제 1 지대에 배치되는 기판 지지체.

청구항 20

제 19항에 있어서, 상기 돌출부의 높이 및 가폭은 하나 이상의 가스 압력으로 10초 내에 상기 지대를 가스로 가득 채울 수 있는 치수로 된 기판 지지체.

청구항 21

제 19항에 있어서, 상기 기판 지지체는 정전적이며, 상기 돌출부의 높이 및 간격은 인가된 전기장으로 인한 가스 파열(gas breakdown)을 방지할 수 있는 치수로 된 기판 지지체.

청구항 22

제 19항에 있어서, 상기 간격은 상기 지지체와 상기 기판 사이에 다수의 틈(gap)을 규정하며, 상기 각 틈은 주어진 압력에서 상기 가스의 평균 자유 행로의 200%보다 작은 기판 지지체.

청구항 23

제 19항에 있어서, 상기 간격은 상기 지지체와 상기 기판 사이의 다수의 틈을 규정하고, 상기 각 틈은 상기 상면에 인가된 적어도 하나의 압력에서 상기 가스의 평균 자유 행로보다 낮은 기판 지지체.

청구항 24

제 19항에 있어서, 상기 다수의 돌출부의 서브 세트(subset)의 중심에서 중심까지의 간격은 0.508~1.016cm(200~400밀리인치)인 기판 지지체.

청구항 25

제 1항에 있어서, 상기 기판 지지체는 상기 표면에 유전체가 배치되는 정전척이고, 상기 유전체 재료는 상기 척의 중심 부분에서보다 주변부에서 더 얇아, 상기 척 주변부 근처의 기판으로부터 더 많은 열전달을 제공하는 기판 지지체.

청구항 26

제 25항에 있어서,

상기 유전체 아래에 위치한 전극, 및

상기 유전체에 전압을 인가하기 위한 전력 공급원을 더 포함하며,

상기 주변부에 있는 상기 유전체의 두께와 전압의 양은, 최소량의 고압 헬륨이 주변부로부터 챔버 내로 도입되도록 상기 정전척에 대해 상기 웨이퍼를 고정시키기에 충분한 기판 지지체.

청구항 27

주변부를 갖는 기판을 고정하기 위한 기판 지지체로서, 표면과 제 1 통로를 가지며, 상기 표면 부근에서 종료되는 몸체를 가지며, 상기 제 1 통로는 상기 몸체 내에 위치하며, 상기 표면은 가스가 상기 지지체와 상기 기판 사이에서 흐르도록 이격된 오목부 지대를 가지며, 상기 이격된 오목부 지대는 제 1 및 제 2 지대와 상기 제 1 및 제 2 지대 사이에 위치한 실링을 규정하며, 상기 제 2 지대는 상기 주변부에 근접하여 위치하며 상기 제 1 지대를 둘러싸며, 상기 제 2 지대는 상기 제 1 통로와 유체 연통되어 있어 사그사 그 안으로 유입되도록 하며, 상기 실링 및 상기 제 2 지대는 각각 연관된 폭을 가지며, 상기 제 2 지대와 연관된 폭이 상기 실링과 연관된 폭보다 더 큰 기판 지지체.

청구항 28

기판 가공 처리 챔버와,

상기 챔버 내에 장착된 기판을 고정하기에 적합한 지지체로서, 대향하는 주 표면과 제 1 통로를 가지며 상기 표면 부근에서 종료되는 몸체를 가지며, 제 1 및 제 2 지대와 상기 제 1 및 제 2 지대 사이에 위치한 환형 실링 지역을 규정하는 이격된 오목부 지대를 상기 표면이 가지며, 상기 제 1 통로가 상기 제 2 지대와 유체 연통하는 지지체와,

가스가 상기 공급원과 상기 제 2 지대 사이로 흐르도록 상기 통로와 유체 연통되어 상기 가스가 상기 지지체와 상기 기판 사이에서 흐르도록 하는 가스 지지체로서, 상기 환형 실링 지역은 상기 기판에 대해 위치하여 상기 제 1 지대보다 더 큰 압력으로 상기 제 2 지대를 유지하며, 상기 제 1 지대는 상기 제 2 지대와 연관된 체적보다 더 큰 체적을 갖는 가스 지지체를 포함하는 처리 시스템.

청구항 29

제 28항에 있어서, 상기 기판 지지체에 장착된 온도 센서를 더 포함하는 처리 시스템.

청구항 30

제 28항에 있어서, 상기 온도 센서가 상기 기판 지지체와 상기 기판 사이의 틈 내에 장착되는 처리 시스템.

청구항 31

제 28항에 있어서, 상기 온도 센서는 상기 기판과 직접 접촉하고 있는 처리 시스템.

청구항 32

제 28항에 있어서, 상기 제어기에 결합되며, 코드화된 명령을 저장하는 메모리를 더 포함하며,

상기 메모리는 상기 온도 센서로부터 온도 표시를 판독하기 위한 제 1 명령과,

상기 기판의 원하는 온도에 대응하는 원하는 온도와 상기 온도 센서로부터의 온도를 비교하기 위한 제 2 명령과,

상기 기판의 원하는 온도에 근접하도록 상기 가스의 열전달 특성을 변화시키기 위해 상기 가스의 압력을 변화시키기 위한 제 3 명령을 포함하는 처리 시스템.

청구항 33

제 32항에 있어서, 상기 코드화된 명령은, 결함이 있는 경우에 상기 가스를 차단하기 위한 제 4 명령을 더 포함하는 처리 시스템.

청구항 34

기판을 고정하기 위한 기판 지지체로서,

다수의 이격된 돌출부를 갖는 상면(top surface)과,

상기 기판 지지체의 상기 상면에 상기 가스를 유입시키기 위한 하나 이상의 통로를 가지며,

상기 돌출부 사이의 간격은, 가스가 상기 상면과 상기 기판 사이로 흐르도록 하며, 상기 간격은 상기 돌출부보다 더 큰 영역을 갖는 기판 지지체.

청구항 35

제 34항에 있어서, 상기 돌출부의 높이 및 간격은 하나 이상의 가스압으로 상기 기판과 상기 기판 사이의 자유 분자 열전달을 제공할 수 있는 치수로 된 기판 지지체.

청구항 36

제 34항에 있어서, 상기 돌출부의 높이 및 간격은 상기 가스가 하나 이상의 가스 압력으로 10초 내에 상기 돌출부 사이의 간격을 채울 수 있는 치수로 된 기판 지지체.

청구항 37

제 34항에 있어서, 상기 간격은 소정의 압력에서 상기 가스의 평균 자유 행로의 200%보다 작은 크기를 갖는 기판 지지체.

청구항 38

제 34항에 있어서, 상기 간격은 소정의 압력에서 상기 가스의 평균 자유 행로보다 적은 크기를 갖는 기판 지지체.

청구항 39

제 34항에 있어서, 상기 다수의 돌출부의 중심에서 중심까지의 간격은 0.508~1.016cm(200~400밀리인치)인 기판 지지체.

청구항 40

제 34항에 있어서, 상기 가스는 헬륨인 기판 지지체.

청구항 41

제 27항에 있어서, 상기 표면은 유전체 재료로 덮여 있는 기판 지지체.

청구항 42

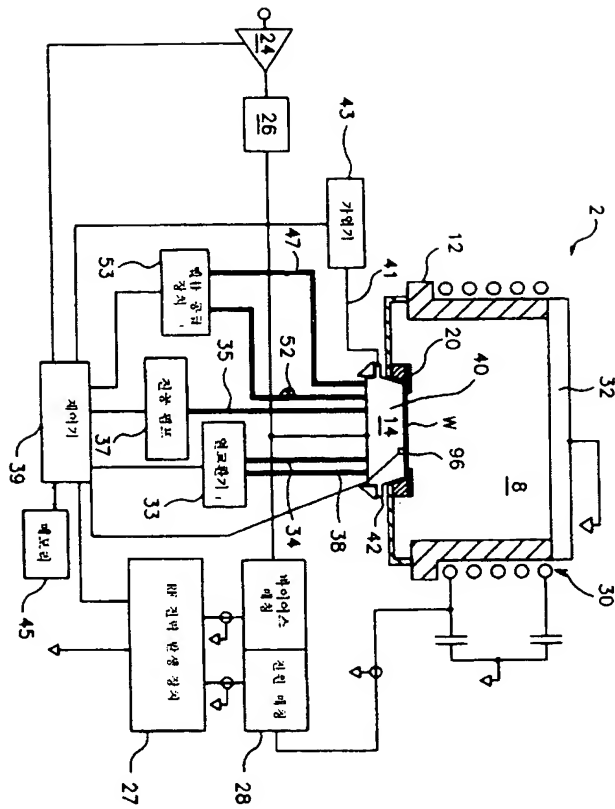
제 41항에 있어서, 상기 표면은 상기 제 1 지대를 둘러싼 바깥쪽 실링을 규정하는 기판 지지체.

청구항 43

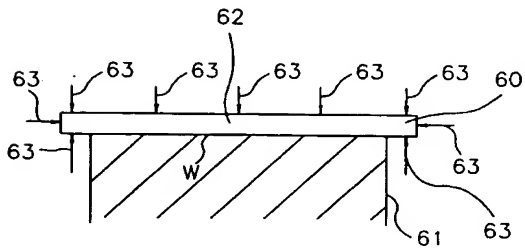
제 42항에 있어서, 상기 제 1 지대는 상기 기판 지지체의 중심부를 둘러싸며, 상기 유전체 재료가, 상기 중심부와 동일하게 연장하는 영역이 아닌, 상기 각각의 안쪽 및 바깥쪽 실링과 동일하게 연장되는 영역에 배치되어, 상기 척의 바깥쪽 주변부에서 더 강한 정전인력이 제공되도록 하는 기판 지지체.

도면

도면1



도면2a



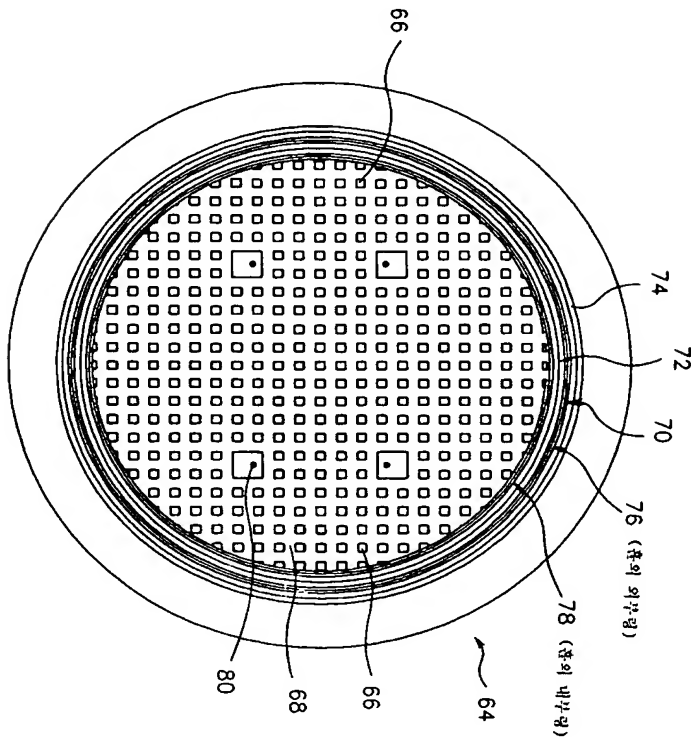
도면2b



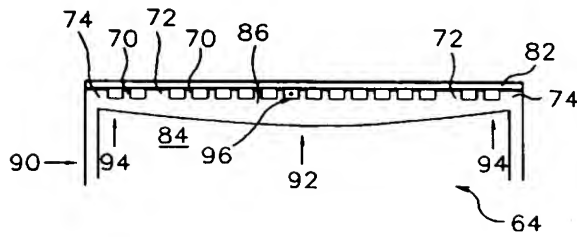
도면2c



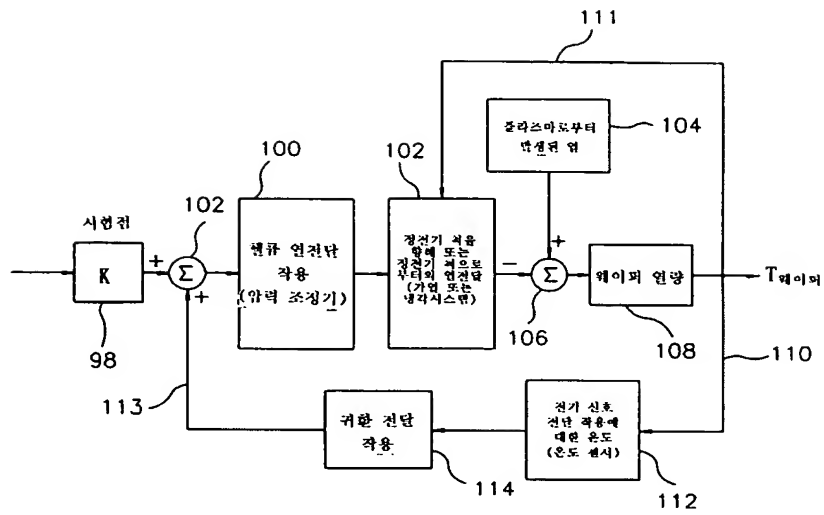
도면3



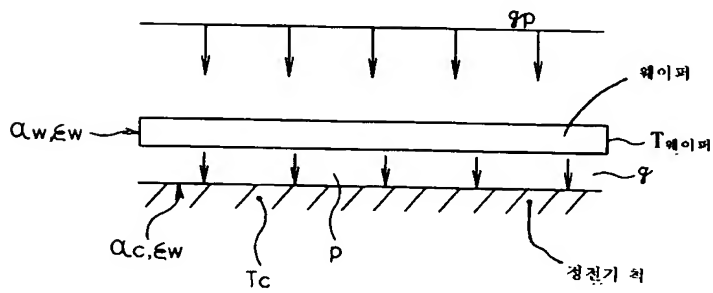
도면4



도면5



도면6



도면7

